



BEST AVAILABLE COPY

PATENT

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicants: Scheuten et al.

Serial No.: 10/574,633

Filed: September 22, 2004

For: SPHERICAL OR GRAIN-SHAPED SEMICONDUCTOR ELEMENT FOR USE IN SOLAR CELLS AND METHOD FOR PRODUCING THE SAME; METHOD FOR PRODUCING A SOLAR CELL COMPRISING SAID SEMICONDUCTOR ELEMENT AND SOLAR CELL

Group Art Unit: To be assigned

Examiner: To be assigned

I hereby certify that this paper (or fee) is being deposited with the United States Postal Service, first class postage prepaid, addressed to: Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450

June 5, 2006

James P. Zeller
Reg. No. 28,491

TRANSLATION OF INTERNATIONAL REPORT ON PATENTABILITY TRANSLATION

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

Submitted herewith is an English translation of the international preliminary report on patentability, and a copy of the original German language IPRP.

Respectfully submitted,

MARSHALL, GERSTEIN & BORUN LLP

By:

James P. Zeller, Reg. No. 28,491
Attorney for Applicant
6300 Sears Tower
233 S. Wacker Drive
Chicago, Illinois 60606-6357
(312) 474-6300

June 5, 2006

Re Point IV

Lack of unity of the invention

The present application does not fulfill the requirement for unity of the invention pursuant to Rules 13.1, 13.2 and 13.3 PCT.

The subject matters of the independent claims 1, 10, 21, 28 and 40 of the various categories do not meet the unity-combination conditions of the PCT Guidelines PCT/GL/ISPE/1 (March 11, 2004), Section 10, 10.12, 10.13. In fact, the method according to Claim 1 is not specially adapted for the production of the spherical semiconductor element of Claim 10 since the substrate core in Claim 1 does not necessarily consist of soda-lime glass and the back contact layer does not necessarily consist of molybdenum. The same also applies to the method according to Claim 21 and to the solar cell according to Claim 28, since here, too, the spherical semiconductor elements apparently do not match the spherical semiconductor elements according to Claim 10 (once again, no mention is made of soda-lime glass and of the back contact layer consisting of molybdenum). Thus, the solar cell according to Claim 28 and the photovoltaic module according to Claim 40 do not correspond to the spherical semiconductor elements according to Claim 10. Moreover, the method according to Claim 21 cannot be considered to be a method that uses the spherical semiconductor elements according to Claim 10 for the production of a solar cell.

Re Point V

Reasoned statement with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement

1.) In this report, reference is made to the following documents:

D1: EP-A-940860 (NAKATA JOSUKE)
September 8, 1999

D2: U.S. Pat. No. 5,578,503 (PROBST VOLKER ET AL)
November 26, 1996

D3: U.S. Pat. No. 4,173,494 (JOHNSON ELWIN L ET AL)
November 6, 1979

- 2.) The present invention fulfills the requirements of Article 33(2)(3)PCT since the subject matter of the independent Claim 1 is new and inventive.

Document D1 is considered to be the closest state of the art vis-à-vis the subject matter of Claim 1. It discloses a method for the production of a spherical semiconductor element for use in a solar cell, comprising the following steps:

- a) application of a conductive back contact layer onto a spherical substrate core,
- b) application of a CuInSe_2 layer onto this conductive back contact layer (see D1; paragraphs 11, 12, 77).

Consequently, the subject matter of Claim 1 differs from the method known from D1 in that the deposition of the CuInSe_2 (CuInS_2) compound semiconductor layer is defined precisely in D1 (deposition of a first Cu precursor layer and of a second In precursor layer and reaction of the precursor layers with sulfur and/or selenium to form a CuInSe_2 (CuInS_2) compound semiconductor layer).

Document D2 discloses a method for the production of a I-III-VI compound semiconductor layer in which individual layers of the elements copper, indium or gallium and sulfur or selenium are applied onto a planar substrate and then rapidly heated up in order to react the layers (see D2, Claim 1).

The production process according to Claim 1, in turn, differs from the deposition method according to D2 in that the reaction takes place in a melt of the reaction element Se or S or in hydrogen compounds of the reaction element Se or S after a first Cu precursor layer and a second In precursor layer have been deposited.

This type of reaction is thus new and does not ensue from D2 in a manner that is obvious to the person skilled in the art. Therefore, an obvious combination of the teaching of D1 and D2 is ruled out.

Consequently, the subject matter of Claim 1 is considered to be new and inventive (Article 33(2)(3) PCT).

- 3.) Claims 2 to 9 are dependent on Claim 1 and thus they likewise fulfill the requirements of the PCT in terms of novelty and inventive step.
- 4.) The present application fulfills the requirements of Article 33(2)(3)PCT since the subject matter of the independent Claim 10 is new and inventive.

Document D1 is considered to be the closest state of the art vis-à-vis the subject matter of Claim 10. It discloses a spherical semiconductor element for use in solar cells, whereby the semiconductor element has a spherical substrate core that is coated with a conductive back contact layer and with a CuInSe_2 compound semiconductor layer (see D1; paragraphs 11, 12, 77).

The subject matter of Claim 10 differs from the semiconductor element known from D1 in that the substrate core consists of soda-lime glass and the back contact layer consists of molybdenum.

These special features of the semiconductor element according to Claim 10 are not known from the cited state of the art. Of course, soda-lime glass substrates and molybdenum electrodes for CuInSe_2 solar cells are known to the person skilled in the art, although not for a spherical element but rather for a large-surface planar element.

Therefore, the subject matter of Claim 10 is considered to be new and inventive (Article 33(2)(3) PCT).

5.) Claims 11 to 20 are dependent on Claim 10 and thus likewise fulfill the requirements of the PCT in terms of novelty and inventive step.

6.) The present application fulfills the requirements of Article 33(2)(3)PCT since the subject matter of the independent Claims 21 and 28 is new and inventive.

Document D3 discloses a method for the production of a solar cell with spherical semiconductor elements, comprising the following steps:

- a) incorporation of several spherical semiconductor elements into a glass layer, whereby the semiconductor elements protrude from the surface on at least one side of the glass layer;
- b) removal of parts of the semiconductor elements on one side of the glass layer;
- c) application of a back contact layer onto the side of the glass layer from which parts of the semiconductor elements have been removed;
- d) application of a front contact layer on the side of the glass layer from which no parts of the semiconductor elements have been removed (see D3, Figures 4 to 11; column 3, line 63 to column 6, line 47).

Therefore, the subject matter of Claim 21 differs from the method known from D3 in that the spherical semiconductor elements consist of a substrate core that is coated with at least a conductive back contact layer and with a I-III-VI compound semiconductor layer, and in that the removal of parts of the semiconductor elements is carried out in such a way that a surface of the conductive back contact layer of the semiconductor elements is exposed.

These special features of the method according to Claim 21 are not known from the cited state of the art. Moreover, they do not ensue in a manner that is obvious to the person skilled in the art, since the special structure of the spherical I-III-VI compound semiconductor elements with the conductive back contact layer is not known.

Therefore, the subject matter of Claim 21 is considered to be new and inventive (Article 33(2)(3) PCT).

With similar arguments, the subject matter of Claim 28 (solar cell made by the method according to Claim 21) is also considered to be new and inventive (Article 33(2)(3) PCT).

- 7.) Claims 22 to 27 and 29 to 39 are dependent on Claim 21 and Claim 28 respectively and thus they likewise fulfill the requirements of the PCT in terms of novelty and inventive step.
- 8.) The photovoltaic module of Claim 40 has solar cells according to Claims 28 to 39 and is thus also considered to be new and inventive (Article 33(2)(3) PCT).
- 9.) The subject matters of Claims 1 to 40 fulfill the requirements of Article 33(4)PCT since they are industrially applicable.



VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS

PCT

REC'D 31 MAR 2006

INTERNATIONALER VORLÄUFIGER BERICHT ÜBER DIE PATENTIERBARKEIT

(Kapitel II des Vertrags über die internationale Zusammenarbeit auf dem Gebiet des Patentwesens)

Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts AC SCG5301PT-WO	WEITERES VORGEHEN siehe Formblatt PCT/PEA/416	
Internationales Aktenzeichen PCT/EP2004/010615	Internationales Anmeldedatum (Tag/Monat/Jahr) 22.09.2004	Prioritätsdatum (Tag/Monat/Jahr) 02.10.2003
Internationale Patentklassifikation (IPC) oder nationale Klassifikation und IPC INV. H01L31/032 H01L31/0352 H01L31/0336		
Anmelder SCHEUTEN GLASGROEP et al.		
<p>1. Bei diesem Bericht handelt es sich um den internationalen vorläufigen Prüfungsbericht, der von der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde nach Artikel 35 erstellt wurde und dem Anmelder gemäß Artikel 36 übermittelt wird.</p> <p>2. Dieser BERICHT umfaßt insgesamt 8 Blätter einschließlich dieses Deckblatts.</p> <p>3. Außerdem liegen dem Bericht ANLAGEN bei; diese umfassen</p> <p>a. <input checked="" type="checkbox"/> (an den Anmelder und das Internationale Büro gesandt) insgesamt 13 Blätter; dabei handelt es sich um</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Blätter mit der Beschreibung, Ansprüchen und/oder Zeichnungen; die geändert wurden und diesem Bericht zugrunde liegen, und/oder Blätter mit Berichtigungen, denen die Behörde zugestimmt hat (siehe Regel 70.16 und Abschnitt 607 der Verwaltungsvorschriften).</p> <p><input type="checkbox"/> Blätter, die frühere Blätter ersetzen, die aber aus den in Feld Nr. 1, Punkt 4 und im Zusatzfeld angegebenen Gründen nach Auffassung der Behörde eine Änderung enthalten, die über den Offenbarungsgehalt der internationalen Anmeldung in der ursprünglich eingereichten Fassung hinausgeht.</p> <p>b. <input type="checkbox"/> (nur an das Internationale Büro gesandt) insgesamt (bitte Art und Anzahl der/des elektronischen Datenträger(s) angeben), der/die ein Sequenzprotokoll und/oder die dazugehörigen Tabellen enthält/enhalten, nur in elektronischer Form, wie im Zusatzfeld betreffend das Sequenzprotokoll angegeben (siehe Abschnitt 802 der Verwaltungsvorschriften).</p>		
<p>4. Dieser Bericht enthält Angaben zu folgenden Punkten:</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Feld Nr. I Grundlage des Berichts</p> <p><input type="checkbox"/> Feld Nr. II Priorität</p> <p><input type="checkbox"/> Feld Nr. III Keine Erstellung eines Gutachtens über Neuheit, erfinderische Tätigkeit und gewerbliche Anwendbarkeit</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Feld Nr. IV Mangelnde Einheitlichkeit der Erfindung</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Feld Nr. V Begründete Feststellung nach Artikel 35(2) hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung</p> <p><input type="checkbox"/> Feld Nr. VI Bestimmte angeführte Unterlagen</p> <p><input type="checkbox"/> Feld Nr. VII Bestimmte Mängel der internationalen Anmeldung</p> <p><input type="checkbox"/> Feld Nr. VIII Bestimmte Bemerkungen zur internationalen Anmeldung</p>		
Datum der Einreichung des Antrags 26.07.2005	Datum der Fertigstellung dieses Berichts 28.03.2006	
Name und Postanschrift der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde  Europäisches Patentamt - Glitschiner Str. 103 D-10958 Berlin Tel. +49 30 25901 - 0 Fax: +49 30 25901 - 840	Bevollmächtigter Bediensteter Visentin, A Tel. +49 30 25901-762 	

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2004/010615

* Wenn Punkt 4 zutrifft, können einige oder alle dieser Blätter mit der Bemerkung "ersetzt" versehen werden.

Feld Nr. IV Mangelnde Einheitlichkeit der Erfindung

1. ☐ Auf die Aufforderung zur Einschränkung der Ansprüche oder zur Zahlung zusätzlicher Gebühren hat der Anmelder:
- ☐ die Ansprüche eingeschränkt.
 - ☐ zusätzliche Gebühren entrichtet.
 - ☐ zusätzliche Gebühren unter Widerspruch entrichtet.
 - ☐ weder die Ansprüche eingeschränkt noch zusätzliche Gebühren entrichtet.
2. ☐ Die Behörde hat festgestellt, daß das Erfordernis der Einheitlichkeit der Erfindung nicht erfüllt ist, und hat gemäß Regel 68.1 beschlossen, den Anmelder nicht zur Einschränkung der Ansprüche oder zur Zahlung zusätzlicher Gebühren aufzufordern.
3. Die Behörde ist der Auffassung, daß das Erfordernis der Einheitlichkeit der Erfindung nach den Regeln 13.1, 13.2 und 13.3
- ☐ erfüllt ist.
 - ☒ aus folgenden Gründen nicht erfüllt ist:
siehe Beiblatt
4. Daher ist der Bericht für die folgenden Teile der internationalen Anmeldung erstellt worden:
- ☒ alle Teile.
 - ☐ die Teile, die sich auf die Ansprüche mit folgenden Nummern beziehen: .

Feld Nr. V Begründete Feststellung nach Artikel 35 (2) hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung

1. Feststellung
- | | |
|--------------------------------|---------------------|
| Neuheit (N) | Ja: Ansprüche 1-40 |
| | Nein: Ansprüche |
| Erfinderische Tätigkeit (IS) | Ja: Ansprüche 1-40 |
| | Nein: Ansprüche |
| Gewerbliche Anwendbarkeit (IA) | Ja: Ansprüche: 1-40 |
| | Nein: Ansprüche: |

2. Unterlagen und Erklärungen (Regel 70.7):

siehe Beiblatt

Zu Punkt IV

Mangelnde Einheitlichkeit der Erfindung

Die vorliegende Anmeldung erfüllt nicht das Erfordernis der Einheitlichkeit der Erfindung nach den Regeln 13.1, 13.2 und 13.3 PCT.

Die Gegenstände der unabhängigen Ansprüche 1, 10, 21, 28 und 40 der verschiedenen Kategorien entsprechen nicht den Einheitlichkeit- Kombinationsbedingungen der PCT Richtlinien PCT/GL/ISPE/1 (11. März 2004) Kapitel 10, 10.12, 10.13. In der Tat ist das Verfahren nach Anspruch 1 nicht besonders angepaßt zur Herstellung des kugelförmiges Halbleiterbauelement von Anspruch 10, da das Substratkern in Anspruch 1 nicht unbedingt aus Kalk-Natron-Glas und die Rückkontaktschicht nicht unbedingt aus Molybdän besteht. Das gleiche gilt auch für das Verfahren nach Anspruch 21 und die Solarzelle nach Anspruch 28, da auch hier die kugelförmigen Halbleiterbauelemente anscheinend nicht den kugelförmigen Halbleiterbauelementen nach Anspruch 10 entsprechen (wiederum ist Kalk-Natron-Glas und die Rückkontaktschicht aus Molybdän nicht erwähnt).

Somit sind die Solarzelle nach Anspruch 28 und das Photovoltaikmodul nach Anspruch 40 nicht einheitlich mit den kugelförmigen Halbleiterbauelementen nach Anspruch 10.

Außerdem kann das Verfahren nach Anspruch 21 nicht als ein Verfahren angesehen werden, das die kugelförmigen Halbleiterbauelemente nach Anspruch 10 zur Herstellung einer Solarzelle verwendet.

Zu Punkt V

Begründete Feststellung hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung

1.) In diesem Bericht wird auf die folgenden Dokumente verwiesen:

D1: EP-A-940860 (NAKATA JOSUKE) 8. September 1999

D2: US-A-5 578 503 (PROBST VOLKER ET AL) 26. November 1996

D3: US-A-4 173 494 (JOHNSON ELWIN L ET AL) 6. November 1979

2.) Die vorliegende Anmeldung erfüllt die Erfordernisse des Art. 33(2)(3) PCT, weil der Gegenstand des unabhängigen Patentanspruchs 1 neu und erfinderisch ist.

Das Dokument D1 wird als nächstliegender Stand der Technik gegenüber dem Gegenstand des Anspruchs 1 angesehen. Es offenbart ein Verfahren zur Herstellung eines kugelförmigen Halbleiterbauelements zur Verwendung in einer Solarzelle mit den folgenden Schritten:

- a) Aufbringen einer leitenden Rückkontaktschicht auf einen kugelförmigen Substratkern,
- b) Aufbringen einer CuInSe_2 Schicht auf diese leitenden Rückkontaktschicht (siehe D1; Paragraph 11, 12, 77).

Der Gegenstand des Anspruchs 1 unterscheidet sich daher von dem bekannten Verfahren aus D1 dadurch, daß die Abscheidung der CuInSe_2 (CuInS_2) Verbindungshalbleiterschicht ist in D1 auf präzise Weise definiert (Abscheidung einer ersten Cu und einer zweiten In Precursorschicht und Umsetzung der Precursorschichten mit Schwefel und/oder Selen zu einem CuInSe_2 (CuInS_2) Verbindungshalbleiterschicht).

Dokument D2 offenbart ein Verfahren zur Herstellung einer I-III-VI

Verbindungshalbleiterschicht, bei dem einzelne Schichten der Elemente Kupfer, Indium oder Gallium und Schwefel oder Selen auf ein planares Substrat aufgebracht und danach zur Umsetzung der Schichten schnell erhitzt werden (siehe D2, Anspruch 1).

Das Herstellungsverfahren nach Anspruch 1 unterscheidet sich wiederum von der Abscheidungsverfahren nach D2 dadurch, daß die Umsetzung in einer Schmelze des Umsetzungselementes Se oder S oder in Wasserstoffverbindungen des Umsetzungselementes Se oder S erfolgt, nachdem eine erste Cu und eine zweite In Precursorschicht abgeschieden wurden.

Diese Umsetzungsart ist somit neu und ergibt sich nicht für den Fachmann aus D2 in naheliegender Weise. Daher ist eine naheliegende Kombination der Lehre aus D1 und D2 ausgeschlossen.

Der Gegenstand des Anspruchs 1 ist somit als neu und erfinderisch betrachtet (Artikel 33(2)(3) PCT).

3.) Die Ansprüche 2-9 sind vom Anspruch 1 abhängig und erfüllen damit ebenfalls die

Erfordernisse des PCT in bezug auf Neuheit und erfinderische Tätigkeit.

4.) Die vorliegende Anmeldung erfüllt die Erfordernisse des Art. 33(2)(3) PCT, weil der Gegenstand des unabhängigen Patentanspruchs 10 neu und erfinderisch ist.

Das Dokument D1 wird als nächstliegender Stand der Technik gegenüber dem Gegenstand des Anspruchs 10 angesehen. Es offenbart ein Kugelförmiges Halbleiterbauelement zur Verwendung in Solarzellen, wobei das Halbleiterbauelement einen kugelförmigen Substratkern aufweist, der mit einer leitenden Rückkontaktschicht und einer CuInSe_2 Verbindungshalbleiterschicht beschichtet ist (siehe D1; Paragraph 11, 12, 77).

Der Gegenstand des Anspruchs 10 unterscheidet sich daher von dem bekannten Halbleiterbauelement aus D1 dadurch, daß der Substratkern aus Kalk-Natron Glas besteht und die Rückkontaktschicht aus Molybdän besteht.

Diese besonderen Merkmale des Halbleiterbauelements nach Anspruch 10 sind nicht aus dem zitierten Stand der Technik bekannt. Zwar sind Kalk-Natron Glas Substrate und Molybdän Elektrode für CuInSe_2 Solarzellen dem Fachmann bekannt, aber nicht für ein kugelförmiges Bauelement, sondern als großflächiges planares Bauelement.

Der Gegenstand des Anspruchs 10 ist somit als neu und erfinderisch betrachtet (Artikel 33(2)(3) PCT).

5.) Die Ansprüche 11-20 sind vom Anspruch 10 abhängig und erfüllen damit ebenfalls die Erfordernisse des PCT in bezug auf Neuheit und erfinderische Tätigkeit.

6.) Die vorliegende Anmeldung erfüllt die Erfordernisse des Art. 33(2)(3) PCT, weil der Gegenstand der unabhängigen Patentansprüche 21 und 28 neu und erfinderisch ist.

Das Dokument D3 offenbart ein Verfahren zur Herstellung einer Solarzelle mit kugelförmigen Halbleiterbauelementen, mit den Schritten:

- a) Einbringen von mehreren kugelförmigen Halbleiterbauelementen in einer Glasschicht, wobei die Halbleiterbauelemente wenigstens auf einer Seite der Glasschicht aus der Oberfläche der Glasschicht herausragen;
- b) Abtragen von Teilen der Halbleiterbauelemente auf einer Seite der Glasschicht;
- c) Aufbringen einer Rückkontaktschicht auf die Seite der Glasschicht, auf welcher Teile der

Halbleiterbauelemente abgetragen sind;

d) Aufbringen einer Vorderkontaktschicht auf die Seite der Glasschicht, auf welcher keine Teile der Halbleiterbauelemente abgetragen sind (siehe D3, Abbildungen 4-11; Spalte 3, Zeile 63-Spalte 6, Zeile 47).

Der Gegenstand des Anspruchs 21 unterscheidet sich daher von dem bekannten Verfahren aus D3 dadurch, daß die kugelförmigen Halbleiterbauelemente aus einem Substratkern bestehen, der wenigstens mit einer leitenden Rückkontaktschicht und einer I-III-VI Verbindungshalbleiterschicht beschichtet ist, und daß das Abtragen von Teilen der Halbleiterbauelemente so erfolgt, daß eine Fläche der leitenden Rückkontaktschicht der Halbleiterbauelemente freigelegt ist.

Diese besonderen Merkmale des Verfahrens nach Anspruch 21 sind nicht aus dem zitierten Stand der Technik bekannt. Die ergeben sich auch nicht für den Fachmann in naheliegender Weise, da die besondere Struktur der kugelförmigen I-III-VI Halbleiterbauelemente mit der leitenden Rückkontaktschicht nicht bekannt ist.

Der Gegenstand des Anspruchs 21 ist somit als neu und erfinderisch betrachtet (Artikel 33(2)(3) PCT).

Mit ähnlichen Argumenten wird der Gegenstand des Patentanspruchs 28 (Solarzelle aus dem Verfahren nach Anspruch 21) auch als neu und erfinderisch betrachtet (Artikel 33(2)(3) PCT).

7.) Die Ansprüche 22-27 und 29-39 sind vom Anspruch 21, bzw. 28 abhängig und erfüllen damit ebenfalls die Erfordernisse des PCT in bezug auf Neuheit und erfinderische Tätigkeit.

8.) Der Photovoltaikmodul von Anspruch 40 weist Solarzellen nach den Ansprüchen 28 bis 39 auf, und ist somit auch als neu und erfinderisch anzusehen (Artikel 33(2)(3) PCT).

9.) Die Gegenstände der Patentansprüche 1-40 erfüllen die Erfordernisse des Art. 33(4) PCT weil sie gewerblich anwendbar sind.

**INTERNATIONALER VORLÄUFIGER
BERICHT ZUR PATENTIERBARKEIT
(BEIBLATT)**

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/010615

26.07.2005

Es ist ferner bekannt, unabhängige sphärische Halbleiterbauelemente auszubilden, welche vollständige Halbleiter inklusive der erforderlichen Elektroden darstellen. Beispielsweise ist es aus der Europäischen Patentanmeldung

5 EP 0 940 860 A1 bekannt, einen sphärischen Kern durch Maskierungen, Ätzschritte und das Aufbringen von verschiedenen Materialschichten zu einem sphärischen Halbleiterbauelement auszubilden. Derartige Halbleiterbauelemente können als Solarzellen eingesetzt werden, wenn der

10 p/n-Übergang so gewählt ist, dass er einfallendes Licht in Energie umwandeln kann. Ist der p/n-Übergang so ausgebildet, dass er eine angelegte Spannung in Licht umwandeln kann, kann das Halbleiterbauelement als Licht emittierendes Element eingesetzt werden.

15

Aufgrund der vielseitigen angestrebten Einsatzbereiche derartiger Halbleiterbauelemente müssen die Elemente vollständig unabhängige Bauteile mit Elektrodenanschlüssen darstellen, welche in andere Anwendungen eingebaut

20 werden können. Dies erfordert eine hohe Komplexität der Halbleiterbauelemente und der erforderlichen Herstellungsprozesse. Aufgrund der geringen Abmaße der verwendeten Kugelformen von wenigen Millimetern ist die Herstellung der sphärischen Bauelemente mit allen Funktions-

25 schichten und Bearbeitungsschritten dabei sehr aufwändig.

Ferner offenbart die US-Patentschrift US 5,578,503 ein Verfahren zum schnellen Herstellen von Chalkopyrit-Halbleiterschichten auf einem Substrat, bei dem einzelne

30 Schichten der Elemente Kupfer, Indium oder Gallium und Schwefel oder Selen in elementarer Form oder als binäre zwischenelementare Verbindung auf ein Substrat aufgebracht werden. Das Substrat mit dem Schichtaufbau wird

daraufhin schnell aufgeheizt und zwischen 10 Sekunden und einer Stunde auf einer Temperatur von $\geq 350^{\circ}\text{C}$ gehalten.

Darüber hinaus ist aus der US-Patentschrift US 4,173,494 ein Halbleitersystem mit kugelförmigen Halbleitern bekannt, welche in eine Glasschicht eingebracht sind. Auf beiden Seiten der Glasschicht ragen die kugelförmigen Körper aus der Oberfläche der Schicht heraus, wobei auf einer Seite eine Metallschicht aufgebracht ist, die alle Körper miteinander verbindet. Die kugelförmigen Körper weisen eine Oberfläche aus einem Leitertyp und einen Kern aus dem entgegengesetzten Leitertyp auf. Einige Körper haben somit einen Kern aus einem Material des p-Typs, während andere Körper einen Kern aus einem Material des n-Typs aufweisen, so dass es p/n-Kugeln und n/p-Kugeln gibt. Derartige Halbleitersysteme eignen sich insbesondere für den Einsatz in Solarzellen.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Halbleiterbauelement mit hoher Aktivität bereitzustellen, das sich zur flexiblen Verwendung in verschiedenen Solarzellen eignet.

Aufgabe der Erfindung ist es ferner, ein effizientes Verfahren zur Herstellung eines Halbleiterbauelementes zur Verwendung in Solarzellen bereitzustellen.

25

Eine weitere Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren zur Einbringung eines Halbleiterbauelementes in eine Solarzelle bereitzustellen.

30 Ferner ist es Aufgabe der Erfindung, eine Solarzelle mit integrierten Halbleiterbauelementen und ein Photovoltaikmodul mit wenigstens einer Solarzelle bereitzustellen.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch die Merkmale der Hauptansprüche 1, 10, 21, 28 und 40 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind den Unteransprüchen zu
5 entnehmen.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe durch ein kugel- oder kornförmigen Halbleiterbauelement zur Verwendung in einer Solarzelle gelöst. Das Verfahren zur Herstellung eines
10 derartigen Halbleiterbauelementes ist durch das Aufbringen einer leitenden Rückkontaktschicht auf einen kugel- oder kornförmigen Substratkern, das Aufbringen einer ersten Precursorschicht aus Kupfer oder Kupfergallium, das Aufbringen einer zweiten Precursorschicht aus Indium und
15 die Umsetzung der Precursorschichten mit Schwefel und/oder Selen zu einem I-III-VI-Verbindungshalbleiter gekennzeichnet.

Die Umsetzung der Precursorschichten erfolgt in Anwesen-
20 heit von Selen und/oder Schwefel und wird als Selenisierung oder Sulfurisierung bezeichnet. Diese Prozesse können auf verschiedene Arten mit auf den jeweiligen Prozess abgestimmten Parametern durchgeführt werden. Zu diesen

26.07.2005

Patentansprüche:

1. Verfahren zur Herstellung eines kugel- oder kornförmigen Halbleiterbauelements (11) zur Verwendung in einer Solarzelle, gekennzeichnet durch folgende Schritte:
 - Aufbringen einer leitenden Rückkontaktschicht (30) auf einen kugel- oder kornförmigen Substratkern (20);
 - Aufbringen einer ersten Precursorschicht (40) aus Kupfer oder Kupfergallium;
 - Aufbringen einer zweiten Precursorschicht (50) aus Indium; und
 - Umsetzung der Precursorschichten (40) und (50) mit Schwefel und/oder Selen zu einem I-III-VI-Verbindungshalbleiter, wobei die Umsetzung des Schichtaufbaus (10) in einer Schmelze des Umsetzungselementes Schwefel oder Selen erfolgt oder die Umsetzung des Schichtaufbaus (10) in Wasserstoffverbindungen des Umsetzungselementes Schwefel oder Selen erfolgt, wobei die Umsetzung in Wasserstoffverbindungen bei Atmosphärendruck oder einem Druck kleiner als Atmosphärendruck erfolgt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Hauptbestandteil der leitenden Rückkontaktschicht (30) Molybdän ist.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die leitende Rückkontaktschicht (30) zur Haftungsverbesserung bis zu 20 Gew.% Gallium enthält.

4. Verfahren nach einem oder mehreren der vorangegangenen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Schichten (30;40;50) jeweils durch PVD- oder CVD-
5 Verfahren aufgebracht werden.
5. Verfahren nach einem oder mehreren der vorangegangenen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
10 dass ein Schichtaufbau (10) aus Precursorschichten (40;50) vor der Umsetzung zu einem I-III-VI-Verbindungshalbleiter bei einer Temperatur $T > 220\text{ °C}$ legiert wird.
6. Verfahren nach einem oder mehreren der vorangegangenen Ansprüche,
15 dadurch gekennzeichnet,
dass nach der Umsetzung des Schichtsystems (10) zu einem I-III-VI-Verbindungshalbleiter eine Behandlung mit KCN-Lösung durchgeführt wird.
20
7. Verfahren nach einem oder mehreren der vorangegangenen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass nach der Umsetzung des Schichtsystems (10) zu einem I-
25 III-VI-Verbindungshalbleiter eine Bufferschicht abgeschieden wird.
8. Verfahren nach einem oder mehreren der vorangegangenen Ansprüche,
30 dadurch gekennzeichnet,
dass nach der Umsetzung des Schichtsystems (10) zu einem I-III-VI-Verbindungshalbleiter eine hochohmige ZnO-Schicht und eine niedrigohmige ZnO-Schicht abgeschieden werden.

9. Verfahren nach einem oder beiden der vorangegangenen Ansprüche 7 und 8,
dadurch gekennzeichnet,
5 dass die Bufferschicht, und/oder die hochohmige und die niedrigohmige Schicht durch PVD- oder CVD-Verfahren abgeschieden werden.
10. Kugel- oder kornförmiges Halbleiterbauelement zur Verwendung in Solarzellen,
10 dadurch gekennzeichnet,
dass das Halbleiterbauelement (11) einen kugel- oder kornförmigen Substratkern (20) aufweist, der aus Kalk-Natron-Glas besteht und der wenigstens mit einer Rückkontaktschicht (30) aus Molybdän und einem I-III-VI-
15 Verbindungshalbleiter beschichtet ist.
11. Halbleiterbauelement nach Anspruch 10,
dadurch gekennzeichnet,
20 dass der Durchmesser des Substratkerns (20) in der Größenordnung von 0,1 -1mm, insbesondere bei etwa 0,2mm, liegt.
12. Halbleiterbauelement nach einem oder beiden der Ansprüche 10 und 11,
25 dadurch gekennzeichnet,
dass die Dicke der Rückkontaktschicht (30) in der Größenordnung von 0,1-1µm liegt.
13. Halbleiterbauelement nach einem oder mehreren der Ansprüche
30 10 bis 12,
dadurch gekennzeichnet,
dass die I-III-VI-Verbindungshalbleiterschicht (60) aus einer Verbindung aus der Gruppe der Kupferindiumsulfide,

Kupferindiumdiselenide, Kupferindiumgalliumsulfide oder Kupferindiumgalliumdiselenide besteht.

14. Halbleiterbauelement nach einem oder mehreren der Ansprüche
5 10 bis 13,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Dicke der I-III-VI-Verbindungshalbleiterschicht "
(60) in der Größenordnung von 1-3µm liegt.
- 10 15. Halbleiterbauelement nach einem oder mehreren der Ansprüche
10 bis 14,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Halbleiterbauelement (11) oberhalb der I-III-VI-
Verbindungshalbleiterschicht (60) eine Bufferschicht auf-
15 weist.
16. Halbleiterbauelement nach Anspruch 15,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Bufferschicht aus einem Material der Gruppe CdS,
20 ZnS, ZnSe, ZnO, Indiumselenverbindungen oder Indiumschwefelverbindungen besteht.
17. Halbleiterbauelement nach einem oder beiden der Ansprüche
15 und 16,
25 dadurch gekennzeichnet,
dass die Dicke der Bufferschicht in der Größenordnung von
20-200nm liegt.
18. Halbleiterbauelement nach einem oder mehreren der Ansprüche
30 10 bis 17,
dadurch gekennzeichnet,

dass das Halbleiterbauelement oberhalb der I-III-VI-Verbindungshalbleiterschicht (60) eine hochohmige und eine niedrigohmige ZnO-Schicht aufweist.

- 5 19. Halbleiterbauelement nach Anspruch 18,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Dicke der hochohmigen Schicht in der Größenordnung von 10-100nm liegt, während die Dicke der niedrigohmigen ZnO-Schicht in der Größenordnung von 0,1-2 μ m liegt.
- 10 20. Halbleiterbauelement nach einem oder mehreren der Ansprüche 10 bis 20,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Halbleiterbauelement (11) mit einem Verfahren nach
15 einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 9 hergestellt wurde.
21. Verfahren zur Herstellung einer Solarzelle mit integrierten kugel- oder kornförmigen Halbleiterbauelementen,
20 gekennzeichnet durch folgende Merkmale:
- Einbringen von mehreren kugel- oder kornförmigen Halbleiterbauelementen (11) in eine isolierende Trägerschicht (70), wobei die Halbleiterbauelemente (11) wenigstens auf einer Seite der Trägerschicht aus der Oberfläche der Trägerschicht herausragen, und die Halbleiterbauelemente (11) jeweils aus einem kugel- oder kornförmigen Substratkern (20) bestehen, der wenigstens mit einer leitenden Rückkontaktschicht (30) und einer I-III-VI-Verbindungshalbleiterschicht (60) beschichtet ist;
 - 25
30 - Abtragen von Teilen der Halbleiterbauelemente (11) auf einer Seite der Trägerschicht (70), so dass eine Fläche der leitenden Rückkontaktschicht (30) der Halbleiterbauelemente (11) freigelegt ist;

- Aufbringen einer Rückkontaktschicht (80) auf die Seite der Trägerschicht (70), auf welcher Teile der Halbleiterbauelemente (11) abgetragen sind; und
- Aufbringen einer Vorderkontaktschicht (90) auf die Seite der Trägerschicht (70), auf der keine Halbleiterbauelemente (11) abgetragen sind.

22. Verfahren nach Anspruch 21,

dadurch gekennzeichnet,

dass neben Teilen der Halbleiterbauelemente (11) ein Teil der Trägerschicht (70) abgetragen wird.

23. Verfahren nach einem oder beiden der Ansprüche 21 und 22,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Halbleiterbauelemente (11) durch Streuen, Stäuben und/oder Drucken auf die Trägerschicht (70) aufgebracht und danach in die Trägerschicht eingebracht werden.

24. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 21 bis 23,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Trägerschicht (70) eine Matrix mit Aussparungen ist, in welche die Halbleiterbauelemente (11) eingebracht werden.

25. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 21 bis 24,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Halbleiterbauelemente (11) durch einen Erwärmungs- und/oder Pressvorgang in die Trägerschicht (70) eingebracht werden.

26. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 21 bis 25,

dadurch gekennzeichnet,

dass das Abtragen der Halbleiterbauelemente (11) und/oder der Trägerschicht (70) durch Schleifen, Polieren, Ätzen, thermischen Energieeintrag und/oder photolithographische Prozesse erfolgt.

5

27. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 21 bis 26, dadurch gekennzeichnet,

dass die Rückkontaktschicht (80) und/oder die Vorderkontaktschicht (90) durch PVD- oder CVD-Verfahren oder andere an das Material der jeweiligen Schicht angepasste Verfahren abgeschieden werden.

10

28. Solarzelle mit integrierten kugel- oder kornförmigen Halbleiterbauelementen,

15

dadurch gekennzeichnet,

dass die Solarzelle wenigstens folgende Merkmale aufweist:

- eine isolierende Trägerschicht (70), in die kugel- oder kornförmige Halbleiterbauelemente (11) eingebracht sind, wobei die Halbleiterbauelemente (11) wenigstens auf einer Seite der Trägerschicht (70) aus der Schicht herausragen, und die Halbleiterbauelemente (11) jeweils aus einem kugel- oder kornförmigen Substratkern (20) bestehen, der wenigstens mit einer leitenden Rückkontaktschicht (30) und einem I-III-VI-Verbindungshalbleiter beschichtet ist,;

20

25

- eine Rückkontaktschicht (80) auf einer Seite der Trägerschicht (10), wobei mehrere Halbleiterbauelemente (11) auf dieser Seite der Trägerschicht eine Fläche aufweisen, die frei von I-III-VI-Verbindungshalbleiter ist; und

30

- eine Vorderkontaktschicht (90) auf der Seite der Trägerschicht (70), auf welcher die Halbleiterbauelemente (11)

keine Fläche aufweisen, die frei von I-III-VI-Verbindungshalbleiter ist.

29. Solarzelle nach Anspruch 28,
5 dadurch gekennzeichnet,
 dass sie mit einem Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 21 bis 27 hergestellt ist.
30. Solarzelle nach einem oder beiden der Ansprüche 28 und 29,
10 dadurch gekennzeichnet,
 dass die isolierende Trägerschicht (70) aus einem thermoplastischen Material besteht.
31. Solarzelle nach einem oder mehreren der vorangegangenen Ansprüche 28 bis 30,
15 dadurch gekennzeichnet,
 dass die Trägerschicht (10) aus einem Polymer aus der Gruppe der Epoxide, Polycarbonate, Polyester, Polyurethane, Polyacryle und/oder Polyimide besteht.
- 20 32. Solarzelle nach einem oder mehreren der vorangegangenen Ansprüche 28 bis 31,
 dadurch gekennzeichnet,
 dass es sich bei den kugel- oder kornförmigen Halbleiterbauelemente (11) um Halbleiterbauelemente nach einem oder
25 mehreren der Ansprüche 10 bis 20 handelt.
- 30 33. Solarzelle nach einem oder mehreren der Ansprüche 28 bis 32,
 dadurch gekennzeichnet,
 dass die Halbleiterbauelemente (11) mit einem I-III-VI-Verbindungshalbleiter aus der Gruppe der Kupferindiumdiselenide, Kupferindiumdisulfide, Kupferindiumgalliumdiselenide

de und Kupferindiumgalliumdiseleniddisulfide beschichtet sind.

34. Solarzelle nach einem oder mehreren der Ansprüche 28 bis 33,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Vorderkontaktschicht (90) aus einem leitenden Material besteht.

35. Solarzelle nach Anspruch 34,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Vorderkontaktschicht (90) aus einem TCO (Transparent Conductive Oxide) besteht.

36. Solarzelle nach einem oder mehreren der Ansprüche 28 bis 35,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Rückkontaktschicht (80) aus einem leitenden Material besteht.

37. Solarzelle nach Anspruch 36,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Rückkontaktschicht (80) aus einem Metall, einem TCO (Transparent Conductive Oxide) oder einem Polymer mit leitfähigen Partikeln besteht.

38. Solarzelle nach Anspruch 37,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Rückkontaktschicht (80) aus einem Polymer aus der Gruppe der Epoxidharze, Polyurethane und/oder Polyimide mit leitfähigen Partikeln einer Gruppe aus Kohlenstoff, Indium, Nickel, Molybdän, Eisen, Nickelchrom, Silber, Aluminium und/oder entsprechenden Legierungen bzw. Oxiden besteht.

39. Solarzelle nach Anspruch 38,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Rückkontaktschicht (80) aus einem intrinsischen
leitfähigen Polymer besteht.

40. Photovoltaikmodul,

dadurch gekennzeichnet,

dass es wenigstens eine Solarzelle nach einem der mehreren
der Ansprüche 28 bis 39 aufweist.

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.